

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-233677

(43) 公開日 平成4年(1992)8月21日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 6 K 7/00  
7/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 8945-5L  
W 8945-5L

審査請求 有 請求項の数 1 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平3-186664

(22) 出願日 平成3年(1991)7月25日

(31) 優先権主張番号 5 6 0 6 5 9

(32) 優先日 1990年7月31日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000798

ゼロックス コーポレーション  
XEROX CORPORATION  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14644  
ロチェスター ゼロックス スクエア  
(番地なし)

(72) 発明者 ダン・エス・ブルームバーグ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94306 パロアルト パラダイスウェイ  
1013

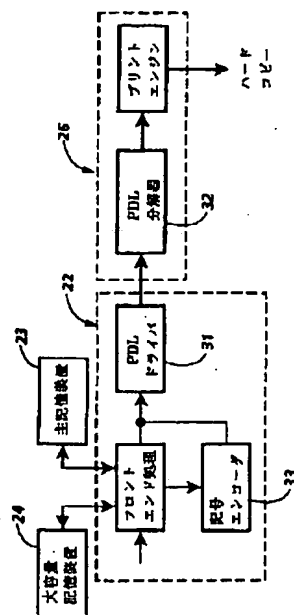
(74) 代理人 弁理士 小堀 益

(54) 【発明の名称】 セルフクロッキング記号形状コードを復号するための二値画像処理方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 セルフクロッキング記号形状コードのビットマップ画像空間表現を復号し、かつこのようなコードの復号中に遭遇する曖昧性(場合により“誤り”とも呼ばれる)の数と位置を追跡するための二値画像処理技術を提供する。

【構成】 本発明の実施例で実行される画像処理のかなりの部分は形態的フィルタリング処理を利用して実施されるが、それはこのような処理にともなう並行度のためである。更に、本発明に従って実行される誤り検出は達成される復号の確実性を高めるため、畳み込みフィルタリングプロセスのような別の復号処理による誤りの統計と関連させ、または比較することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 セルフクロッキング記号形状コードによって復号される個々の全てのデータがそれぞれの記号によって表現されるように、デジタル・データ値を符号化する型を有する記号から成る前記コードのビットマップ画像空間表現を復号する処理方法であって、前記記号はn個の許容される記号の集合から選択され、前記記号は各々所定のデジタル・データ値の符号化用に予め割当てられ、前記記号は空間フォーマット化ルールにほぼ従って前記ビットマップ画像空間に空間的に配分される形式の処理方法であって、この処理方法は次のステップを含む：互いに所定の公称の間隔を有する少なくとも3つの非共線基準点を前記ビットマップ画像空間に配置する；前記ビットマップ画像空間内の前記基準点の間隔関係を決定する；前記ビットマップ画像空間内の前記基準点の間隔関係から歪み補正要素を計算する；前記記号コードの前記ビットマップ画像空間用のX縮尺補正要素とY縮尺補正要素を決定し、前記歪み及び縮尺補正要素に従って前記空間フォーマット化ルールを校正する；前記ビットマップ画像空間内の第1の前記記号のおおよその中心位置を特定する；前記n個の許容画像の各々について少なくとも一つの型突き合わせ判別フィルタに従って前記記号コードの前記ビットマップ画像空間表現をフィルタリングして、少なくともn個のフィルタリングされた前記記号コードの表現を供給する；前記校正された空間フォーマット化ルールにほぼ従って前記記号コードの前記フィルタリングされた表現の全てを空間的に標本抽出して、前記フィルタの各々によってフィルタリングされた前記記号コードの各々について相対的フィルタ突き合わせ強度値を得る；ここで、前記標本抽出は前記校正された空間フォーマット化ルールにほぼ従って前記記号の所定の一つのほぼ中心位置から開始され、そこから記号のほぼ中心位置から記号のほぼ中心位置へと継続されるものである；前記フィルタの全てに関して前記記号各々のフィルタ突き合わせ強度値を記号ごとに比較して前記記号の形状を分類する；そして前記記号に予め割当てられたデータ値に従って前記形状分類された記号に復号されたデータを割当てる。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】 【発明の分野】 本発明はセルフクロッキング記号(glyph)形状コードを復号する技術に関し、特にこのようなコードのビットマップ画像空間表現を復号するため、形態的フィルタリング及びピクセル探索処理のような二値画像処理技術に関する。

【0002】 【発明の背景】 普通紙は現在でもなお人間が読み取り可能な情報を蓄積し、伝達するための優れた記録媒体であるが、電子文書処理システムの出現によって、人間が通常伝達する人間によって読み取り可能な情報が適宜の機械読み取り可能なデジタル・データを前記媒体に書き込むことによって補足されれば、普通紙及

びその他の形式のハードコピー文書の機能的な活用が大幅に促進されるであろうことは明白になった。この機械読み取り可能なデータによって、文書が通常の入力走査機構によってシステムへと走査される時、ハードコピー文書は種々の方法で前記文書処理システムと能動的に相互作用することが可能になるであろう。

【0003】 一般に、デジタル・データは一連の空間的位置にマークが存在するか否かによって、又は前記位置でマークに関連する遷移があるか、ないかのいずれかによってデータを符号化するパターンに従って記録媒体上に二次元マークを書き込むことによって記録される。通常は磁気及び光学式デジタル・データの記録がこの符号化方式と適応する。更に、用紙上にデジタル・データを記録するために従来提案されているバー・コードも前述の符号化方式と適応する。米国特許第4,692,603号明細書「印刷されたビット符号化データの光学式読み取り機構及び読み取り方法」、米国特許第4,728,783号明細書及び米国特許第4,754,127号明細書「デジタル式に符号化されたデータを印刷されたデータストリップへと変換する方法と装置」及び米国特許第4,782,221号明細書「ビット符号化された情報とスキャナ・コントラストを含む印刷データストリップ」を参照されたい。

【0004】 前述のバー・コードを更にやや詳しく考察すると、その視覚的外見はデータに左右されるので大きく変動し、まだらの外見になりがちであることが分かる。このまだらは高画質の印刷文書の簡潔かつ明確な外見とは容易に見分けられるので、見る人によっては審美的に受入れ難いものになる。更に、これらのバー・コードの別の欠点はそれが意図するオーバーヘッドである。特に、前述の特許に則して考察すると、このオーバーヘッドはデータ・クロックを保存するための登録マーク及び所定のコード行に沿って符号化されるビット数のような符号化されたデータの機構を説明するための見出し情報を含んでいる。

【0005】 従って、特に機械読み取り可能なデータが人間により読み取り可能な情報と視覚的に並列されて記録される用途においては、普通紙及びその他のハードコピー記録媒体にデジタル・データを記録するための比較的効率よく、視覚的に改良されたコードが緊急の課題であることは明白である。更に、このようなコードからデジタル・データを復元する効率がよく確実な技術が必要であることは明白であろう。更に、ハードコピー文書に記録された画像はしばしば複写されるので、かなりの画像ひずみを許容できるデータ符号化及び復号技術があれば好適であることも明白であろう。

【0006】 【発明の概要】 前述の、及びその他の必要性に対応して、本発明はセルフクロッキング記号形状コードのビットマップ画像空間表現を復号し、かつこのようなコードの復号中に遭遇する曖昧性(場合により“誤

3

り”とも呼ばれる)の数と位置を追跡するための二値画像処理技術を提供するものである。本発明の実施例で実行される画像処理のかなりの部分は形態的フィルタリング処理を利用して実施されるが、それはこのような処理にともなう並行処理性のためである。更に、本発明に従って実行される誤り検出は達成される復号の確実性を高めるため、スターン(Stern)らの復号処理方法のような別の復号処理による誤りの統計と関連させ、または比較することができる。

【0007】(図面の簡単な説明) 本発明の更に他の特徴と利点は添付図面を参照した本発明の以下の詳細な説明によって明らかにされよう。図1は本発明の種々の側面を実行し、かつその利点を活用するための電子文書処理システムの簡略構成図である。図2は図1に示した文書処理システム用の代表的なプロセッサ/インタフェースの機能構成図である。図3Aは回転変形の記号形状から成る比較的簡単なセルフクロッキング二値記号コードにより達成されるビット符号化を図示したコード図である。図3Bは回転変形の記号形状における二値データのビット符号化を示した別のコード図である。図3Cは図3Aに示した形式の回転変形の記号形状用の代表的なセル構造及び代表的な印刷されたピクセル・パターン図である。図4は第1の記号コード復号プロセスの高レベルの機能流れ図である。図5は図4に示した復号プロセスの実現の記号中心の位置決め、ラベル付け及び分類ステップのより詳細な流れ図である。図6は図5に示したオプションの校正プロセスによる再校正のための予測されるラベル付けされた記号中心位置のビットマップ画像である。図7は図4に示した復号プロセスの前述の実施例の記号脱出し/誤り検出ステップの比較的详细な流れ図である。図8および図9は比較的低密度と、比較的高密度の記号コードのそれぞれを復号するために利用されるピクセル探索領域を示す図面である。図10は記号形状の符号化と復号が誤り修正コード(ECC)を含むデータのために利用されるシステムの高レベルの機能構成図である。図11は記号コード画像の周期性に従って構成された大型のフィルタを利用して記号の中心又はその近傍のONピクセルを分離するために記号コードのスキヤン・インされたビットマップ画像をフィルタリングするための形態的フィルタリング・プロセスの機能構成図である。図12は代表的な記号コードのビットマップ画像である。図13は図12に示したビットマップ画像に図11に示したフィルタリング・プロセスを適用した場合の効果を示すビットマップ画像である。図14は図13に示したビットマップ画像に図11のフィルタリング・プロセスの第2レベルのフィルタリングを反復的に再適用した効果を示す別のビットマップ画像である。図15は反復された第2レベルのフィルタリング・プロセスの機能構成図である。図16は記号中心を空間的に分離するための別の形態的フィルタリング・プロセスにより

4

フィルタリングされた記号コードのビットマップ画像である。図17は図16に示したビットマップ画像内のピクセル・パターンの境界ボックス拡張を示す図面である。図18は空間的に比較的低密度の記号コードの場合、図16に示したビットマップ画像内の個々の記号関連ピクセル・パターンの重心を特定することによって、又は、前記パターンもしくは図17に示した境界ボックスの拡張において行われる薄化プロセスによって達成可能である記号中心ピクセルの分離を示すビットマップ画像である。図19はより高密度の記号コードの記号の空間的分離を促進するために大型のフィルタを使用した予備的な形態的フィルタリング・プロセスの機能構成図である。図20は図19のフィルタリング・プロセスが記号中心位置にホールを発生した場合にONピクセルを記号の中心位置に復元するために利用できる形態的ビットマップ画像修復プロセスの機能構成図である。図21は図17に示したビットマップ又は図20に示した画像修復プロセスで薄化プロセスを実行することによって作成できるような比較的高密度の記号コードの記号中心のビットマップ画像である。図22は図21に示したビットマップ画像を作成するために利用できる反復的な形態的薄化プロセスの機能構成図である。図23は小さい、ゆるやかに突き合わせされたヒトミ・フィルタを利用した記号中心ピクセルを分離するための形態的プロセスの機能構成図である。図24はビットマップ画像空間に記号の中心を位置決めし、かつ、その形状に従って記号を分類するためにビットマップ・コード画像の畳み込みフィルタリングを利用した復号プロセスの機能流れ図である。図25Aおよび図25Bは各々がフィルタによって強く突き合わせされた記号形状を有する、畳み込みされた重みなし、及び重み付のフィルタリングの結果を示す図である。図26は図24に示した復号プロセスの変形された実施例の部分流れ図である。

【0008】(実施態様の詳細な説明) A. 例示的環境さて図面を、特に図1を参照すると、本発明の代表的な環境を説明するための電子文書処理システム21が図示されている。標準的な実施のために、文書処理システム21は主記憶装置23と、大容量記憶装置24と、選択されたハードコピー文書のデジタル表現をプロセッサ22へと走査するための入力走査機構25と、プロセッサ22のファイル・ディレクトリ(図示せず)にリストされたファイルの選択された一つを表出するハードコピーを印刷するためのプリンタ26とから構成されている。更に、ユーザーがプロセッサ22、入力走査機構25及びプリンタ26と対話するためのユーザー・インタフェース27も備えてある。

【0009】ユーザー・インタフェース27はユーザーが入力走査機構25とプリンタ26用の制御命令を入力し、かつプロセッサ22用の画像編集及び処理命令を入力するための入力装置を集成的に表すものであることが

5

理解されよう。更に、インタフェース27はユーザーが例えばプログラム制御のようにユーザーその他によって入力される命令にตอบสนองして実行される操作に対するフィードバックを受けるための出力装置をも表している。例えば、ユーザー・インタフェース27は基本的にユーザー命令を入力するためのキーボード等と、ユーザーに対してプロセッサ22により実行されている処理を視覚化するためのモニタと、ユーザーがモニタによりディスプレイされているプロセスからデータを選択し、かつ前記プロセスへとデータを入力する双方又は一方のためにカーソルを移動できるようにするカーソル制御装置とを備えている。(これらの従来の装置はいずれも図示せず)

【0010】図示した文書処理システム21は集中化されているので、全ての制御命令と全ての画像編集・処理命令がプログラム制御のもとでプロセッサ22によって実行されるものと前提で簡略化されている。しかし、実際にはこれらの命令の実行は幾つかの異なるプロセッサによって処理することができ、その幾つか、又は全ては独自の主記憶装置を、また独自の大容量記憶装置を有することができる。同様に、入力走査機構25とプリンタ26の双方又は一方は点線28、29のそれぞれによって示されるように独自のユーザー・インタフェースを有することができる。実際に文書処理システム21は遠隔入力走査機構及び遠隔プリンタの双方又は一方(図示せず)によって操作するための分散されたアーキテクチャを有するように再構成することも可能であろう。データは専用通信リンク又は切り換え通信網(これも図示せず)を介してこのような遠隔走査機構及びプリンタ端末機から、かつそこへと転送可能であろう。

【0011】通例は入力走査機構25は所定の空間的解像度、例えば300 s. p. i × 300 s. p. i (スポット/インチ)で各ハードコピー入力文書の画像を走査するビットマップ走査機構である。操作に際しては、走査機構25は走査された画像の個々に分解された画素(一般に“ピクセル”又は“ペル”と呼ばれる)を対応するデジタル値へと変換し、これらのデジタル値を組み立てて、スキャン・インされた値に該当するピクセルの空間的関係を保存するデータ構造(“ビットマップ画像として知られる”)を作成する。以下の説明は走査機構25がスキャン・インされた画像のピクセルを単一のビット・デジタル値(すなわち“1”又は“0”)へと変換するためのモノクロ走査機構である用途に焦点を当てるが、走査機構25は必要ならば適宜のしきい値論理と共にビデオ・ピックアップ素子及びいわゆるビデオ“フレーム・グラバー”を使用して文書等のビットマップ画像を捕獲することが可能であることは明白であろう。

【0012】一方、プリンタ26は一般にビットマップされた画像ファイルのデジタル値をプリンタが普通紙のような適宜の記録媒体に印刷する画像の空間的に対応

6

するピクセルへとマッピングするためのいわゆるビットマップ・プリンタである。プロセッサ22はビットマップされた画像ファイル进行处理し、かつ記憶し、かつこのようなファイルが必要に応じてプリンタ26へと転送するように構成することができる。あるいは、図2に示すようにプロセッサ22は印刷用に選択された電子文書ファイルのPDL(ページ記述言語)記述をプリンタ26へと転送するためのPDLドライバ31を備えることもできる。このように、プリンタ26はこのようなPDL記述を分解して、対応するビットマップされた画像ファイルを作成するためのPDL分解器32を有するものとして図示されている。更に別の形式のプリンタ及びプロセッサ/プリンタ・インタフェースが考えられるが、以下の説明上、プリンタ26はプロセッサ22からPDLファイルを受領するビットマップ・プリンタであるものと想定する。

#### 【0013】B. 記号符号化

図示の通り、プリンタ26が単独又は人間が読み取り可能な情報と並行して、記録媒体に機械読み取り可能なデジタル・データの記号を印刷するようにする記号符号器33がある。ある種の用途では、記号符号器33は電子文書ファイルをPDL記述へと変換する前に符号化記号を電子文書ファイルへと挿入するためにプロセッサ22と共に配置してもよい。しかし、別の用途では、記号符号器33は符号化記号をプリンタ26用に備えられたラスタフォーマット化されたビットマップ画像ファイルへと挿入されることが必要であり、又は望ましい。記号へと符号化されたデータのPDL記述は幾つかの異なるフォーマットを有することができ、その中にはこのようなデータが符号化されるコードのカプセル化されたビットマップ表現、個々の符号化された記号のビットマップ表現用の字体記述及びレイアウト位置(このようなビットマップが存在し、又はプリンタ26の字体ディレクトリにダウン・ロード可能であると想定した場合)、及び符号化された記号用のビットマップのビット・バイ・ビット記述が含まれる。

【0014】更に詳細には、図2及び図3Aに示すように、符号器33に供給されるデジタル・データ35は記号36の形状に符号化され、符号器33によってプリンタ26がこれを記録媒体に印刷するようにされる。これらの記号はセルフクロッキング記号コードを形成するが、それは記録媒体に印刷されるコードが符号化されたデータ値の各々ごとに別個の記号36を有しているからである。実際には図3Cに示すように、印刷された記号36の各々はほぼ長方形の、二次元のピクセル位置配列37内のピクセル・パターン(以後、“記号セル”又は“データ・セル”と呼ぶ)によって形成される。例えば図3Cを参照のこと。これらの記号を形成するデータ・セル37は通常は所定の空間フォーマット化ルールに従って記録媒体上にタイリングされ、それによって連続す

7

るデータ値用の符号化記号36は所定のテンプレートもしくはパターンに従って空間的に分散される。例えば、連続するデータ値用の符号化記号36を含むデータ・セル37はルールのかつ反復的な論理データ・ブロックフォーマット化ルールに従って記録媒体上に適宜に印刷され、印刷されたデータ・セルが例えば16セル×16セルの論理ブロックフォーマットのような所定のサイズの論理ブロックの二次元配列に空間的に編成されるようにされる。

【0015】記号の符号化は明らかに多くの異なる形態が可能であり、そのうちのあるものは単一ビット・デジタル値の符号化に適しており、別のあるものは多重ビット値の符号化に適している。例えば、単一ビット値（“1”及び“0”）は細長い、多重ピクセルの記号によって符号化することが便利であり、その各々はそこで符号化されるデータ値が“1”であるか“0”であるかに応じて記録媒体の横軸から約+45°又は-45°の角度に傾斜した軸に沿って位置決めされた所定数の隣接する“ON”（すなわち黒）ピクセルから構成される。このような記号はいわゆる“回転変形”記号の例であるが、それは単なる回転操作によって互いにマッピング可能であるためである。これらは又、著しいひずみ及び画像の劣化がある場合でも容易に判別できる記号の例でもある。その理由は普通の形状には劣化しないからである。

【0016】記号36の全てが同数の“ON”ピクセルを有するように記号を選択することの重要な利点は、印刷された記号コードが、カーソルの観察者によって密度が高い記号が観察されるとグレー・スケールの外見を有するほぼ均一なテクスチャを有することである。従って、この利点は記号36の回転及び輪郭の双方又は一方（ここでは集合的に“形状”と呼ぶ）でデータを符号化することによって実現できることは特筆に値する。例えば、単一ビット・デジタル値は明確に異なる輪郭を有する回転変形記号によって符号化することができるが、“1”及び“0”のそれぞれの符号化用の“ON”ピクセルの数は同数である。例として図3Bを参照されたい。印刷された記号コードのグレー・トーンの外見は記号のONピクセル内容を増減することによって見かけがよいグレー・トーンへと“同調”することができる。更に、印刷された記号コードのグレー・トーンの外見は、いわゆるグレー・スケール画素値に従って（図示しない手段によって）変調することができ、それによって印刷されたコードにグレー・スケールの画質を付与することができる。

【0017】柄文字符号化は単に2の許容できる記号の形状を有するコードを使用することによって理論上は任意の所定のビット長nのデジタル値の符号化へと拡大することができるが、その場合、コードはその記号の形状が互いに確実に判別できるように注意して選択され

8

る必要がある。何故ならば、そのような識別は符号化されたデータを性格に復元するために不可欠であるからである。

#### 【0018】C. 記号コードの復号

##### 1. 概要

さて図4を参照すると、本発明に従って従来型の印刷記号コードはそれらのビットマップ画像を処理することによって復号されることができる。図示のようにこのような記号コードを復号するための画像処理技術は相当量の画像ひずみ及び劣化を許容できるので、スキャン・インされたフォトコピー及びファクシミリ・コピーに含まれるコードは、スキャン・インされた文書が原本から多すぎる生成要素が除去されていない限りは復号することができる。勿論、印刷された記号コードは符号化されたデータを復元するためにコードを復号する適宜の電子文書処理システムを使用し、かつ、次に符号化された全く同一のデータを有するコードを再印刷することによって再生することができ、その際、復号及び再符号化は基本的に本明細書に記載されているように実行される。

【0019】ある種の復号器では、記号コードを復号するために実行される画像処理は先ず、ビットマップ画像空間のX-Y座標に記号を位置指定し、次にデータが符号化された空間順に記号を指標付けするためのテーブルを構成し、次にその中に符号化されたデータ値を順次抽出するために記号を指標順に分析する。別の復号器では、画像処理は同時に中心をビットマップ画像空間に位置決めしつつ、記号をその空間によって分類することによって、記号の復号された値はビットマップ画像空間に好適に指標付けされる。しかし、これらの空間的に指標付けされた復号データ値は、一連の順序を時間領域に再記憶することが必要な場合は、空間順を統括する空間的テンプレートもしくはパターンに従って分類することができる。

#### 【0020】2. 二値画像処理による復号

##### a. 序

本発明の復号プロセスに更に焦点を当てると、図4に示したプロセスでは記号コードのビットマップ画像は先ず、例えばステップ41において記号のおおよその、すなわち外見上の中心を分離するため形態的に及び（又は）ピクセル探索技術を利用して処理される。次にコーナーの記号の外見上の中心のような、これらの記号の外見上の中心の所定の一つを基準点として用いて、記号コードが複写及び（又は）スキャン・インされている間に記号コードに発生することがある歪み誤差及びX及びY座標の縮尺誤差のそれぞれをを補償するためにステップ42で適宜の歪み及びX及びYの縮尺補正要素が計算される。理解されるように、これらの補正要素は記号の中心をラベル付けするステップが記号の中心から記号の中心（あるいは更に精密には次の記号中心の予測位置）へと飛び越しできるようにするベクトルを計算するために

用いられる。このように、相対的に位置測定されたピクセル探索ステップによって、例えばステップ43でX及びYの画像空間座標を有する各々の記号の外見上の中心ピクセルを十分にラベル付けすることができる。画像のノイズ成分にはラベルが付与されないで、この時点で著しいノイズは効果的に拒絶される。

【0021】データは一般に論理ブロック毎に、セル毎の順序で符号化されることを想起されたい。そのため、ステップ45に示すように、記号用のX-Y座標ラベルは一般にデータ符号化の空間的順序に従って分類され、それによってデータが符号化されたと同じ順序で記号を逐次アドレス指定するための指標テーブルが構成される。あるいは、必要ならば、記号がアクセスされる順序で記号の選択された一つを復号するためにステップ45で指標が構成されるように、ビットマップ画像空間内の単数又は複数の予め選択された位置で記号を無作為にアクセスするためにポインタ（図示せず）を備えてもよい。例えば、ビットマップ画像空間内で任意の2つの所定の記号中心のX及びY座標がそれぞれ互いに変位される方向及び記号中心の数を計算することによって、任意の一つの記号の中心からビットマップ画像空間の別の任意の記号の中心へと前記ポインタを比較的迅速に移動するために直送式X-Yシークを利用することができる。このような方向情報と中間の記号中心のカウントがあれば、まず、ポインタが所定数の中間記号中心をスキップするまで、ポインタを記号の中心から記号の中心へと例えばX軸に沿って指定の方向に増分的にシフトし、次に、別の軸、すなわちY軸に沿ってポインタを意図する行き先へと増分的にシフトするために前記のプロセスを反復することによって適正なシークを実行することができる。

【0022】記号コードから符号化されたデータを復元するためには、ステップ51で2の許容される記号の形状の各々ひとつに突き合わせられたフィルタによって、コードのビットマップ画像の2のコピー（ここにnは各々の記号内で符号化されたデータ値のビット長）がそれぞれフィルタリングされる。例えば、これらの画像の各々は許容される記号の形状の各々一つ（しかも一つだけ）にゆるやかに突き合わせられたヒット・ミス・フィルタに従って形態的に処理することができる。それによってビットマップ画像の2の異なつてフィルタリングされたバージョンが生成される。更に詳細に述べると、ヒット・ミス・フィルタリングの結果、フィルタリングされた画像の任意の一つにおける任意の所定の記号中心、すなわち“データ・ラベル”位置に近似するピクセル・パターンは所定の画像を作成するために使用されるヒット・ミス・フィルタと、所定のデータ・ラベル位置との突き合わせの精密さに左右される。（すなわち突き合わせが近いほど、より多数の“ON”ピクセルがeデータ・ラベル位置に近似する。）従つて、フィルタリ

ングされた画像のピクセル・パターンがステップ52で論理的符号化順に（又は乱アクセス順に）データ・ラベル位置毎に比較され、ステップ53で、連続する記号の一つに符号化されたデータ値が判定され、かつ逐次読み出される。

#### 【0023】b. 定義

復号処理を更に詳細に検討する前に、“形態的な画像処理操作”を説明するための用語の幾つかを簡単に説明することが有用であろう。

【0024】“形態的な処理”とはビットマップ画像（“ソース画像”と呼ばれる）での処理であり、これは別のビットマップ画像（“行き先画像”と呼ばれる）を作成するため、ソース画像を有する各ピクセル位置で局域内ルールを用いる。便宜上、ソース画像及び行き先画像は時として“ピクセルマップ”画像と呼ばれ、処理速度は各“ピクセル”での処理操作速度とみなすことができる。“ビットマップ”と“ピクセルマップ”はある種のデータ構造では同義語であり、“ビット”及び“ピクセル”はこのようなデータ構造の内容を説明するために互換的に用いられる。

【0025】“構造体要素”（SE）とは選択された形態的な処理を利用してソース画像から情報を抽出するためにソース画像を探索するための、一般にサイズが比較的小さく、形状が比較的単純な画像対象のことである。本明細書で以下に述べるSEは二値SEである。これらのSEは“ON”ピクセルを表示するために●を用い、又、“OFF”ピクセルを表示するために○を用いて図示される。それらの中心はビデオクロスによって表示される。SEには更に“ドント・ケヤ”（どちらでも良い）ピクセルも含まれ、このようなピクセルは白抜き正方形で示されることに留意されたい。

【0026】以下の用語は二値形態的処理に特有の用語である。

【0027】“EROSION”（侵食）は“on”

(1)又は“off”(0)ピクセルをソース画像内の各ピクセル位置用の行き先画像へと書き込むためにSEによって二値ソース画像を探索する操作であり、その際、所定の任意の位置に書き込まれるピクセルの論理レベルは所定のピクセル位置の中心にある時にSEがソース画像によって突き合わせられるかどうかによって左右される。突き合わせられるSEが“ヒット”と“ミス”の双方を含んでいる場合は、突き合わせ処理は一般に“ヒット・ミス”変換と呼ばれる。しかし、説明を簡略にするため、EROSIONの定義はこのようなヒット・ミス変換を含むように拡大されている。

【0028】“DILATION”（膨張）は二値ソース画像をSEで探索して、SEをソース画像内の全ての“ON”ピクセルの位置に対応する中心上の行き先画像を書き込むことによって実行される処理操作である。ここで用いるDILATIONはSE内の“ヒット”のみ

のために定義されており、“ミス”は無視される。このように、膨張された行き先画像はソース画像の全ての1-ピクセルに変換されたSEの全ての複製の集合である。

【0029】“OPENING”（開）はソース画像内でのSEへの突き合わせ毎に行き先画像内でSEを複製する操作である。これは同じSEによって侵食された画像のDILATIONに先行する、SEによるソース画像のEROSIONと同義である。EROSIONとDILATIONの前記の定義を保持するために、SE内の“ヒット”だけによるDILATIONに先行する、“ヒット”と“ミス”の双方を含むSEによるEROSIONを含むようにOPENING操作の定義を拡大している。

【0030】“CLOSING”（閉）は膨張された画像のEROSIONに先行するソース画像のDILATIONから成る操作である。画像のCLOSINGはビット反転されたソース画像で実行されるOPENINGのビット反転と同義である。前述のDILATIONの定義に鑑み、CLOSINGはここではSE内の“ヒット”のみのために定義されており、“ミス”は無視されることが理解されよう。

【0031】形態的な処理操作は変換上、不変量である。換言すると、ソース画像は変換される前に変形されることができるので、結果はその他の方法で変更することなく同じ量だけ変換もしくはシフトされる。これはソース画像内の各ビットもしくはピクセルが同じルールに従って処理されるので、これらの操作が高度の並行処理で実行されることを意味する。

【0032】“ヒット”だけから成るSEによって実行されるEROSION、DILATION、OPENING及びCLOSINGの操作は幾何学的に“増分”された操作である。従って、第1の画像が第2の画像内に含まれている場合は、第1の画像でこのようなSEによって実行される前記操作は第2の画像にも含まれる。更に、CLOSINGは“拡張的”であり、OPENINGは“非拡張的”である。従って、ソースがCLOSINGによって変換される場合はソース画像が行き先画像内に含まれ、ソースがOPENINGによって変換される場合は行き先画像がソース画像内に含まれる。OPENING及びCLOSING操作の結果はSEの中心位置とは関わりない。更に、OPENING及びCLOSING操作は補償能力がある。すなわちこれらの操作は変換された画像に再適用されても変換された画像を変化させない。

【0033】形態的な操作を説明する上でしばしば用いられるその他の用語は次の通りである。

【0034】“4-接続領域”とはON（“1”）ピクセルの集合であり、完全にONピクセルの集合内にあり、水平又は垂直の1ピクセルの移動のみから成る、こ

れらのピクセルの何れか2つの間の経路を発見できるような領域である。

【0035】“8-接続領域”とはON（“1”）ピクセルの集合であり、完全にONピクセルの集合内にあり、水平、垂直又は対角線方向の1ピクセルの移動のみから成る、これらのピクセルの何れか2つの間の経路を発見できるような領域である。

【0036】“ヒットミス”SEとは非ゼロのONピクセルの集合と、非ゼロのOFF（“0”ピクセルの集合を指定するSEであり、これらの2つの集合は重複しない。（すなわち交差ししない）“ゆるやかに”突き合わせされたフィルタはそれが突き合わせされたピクセル・パターンと比較的少ないピクセルを指定し、一方、“強く”突き合わせされたフィルタはそれが突き合わせされたピクセル・パターンのうちの大きい比率のピクセルを指定する。

【0037】“ヒットのみ”SEは非ゼロのONピクセルの集合を指定するSEである。

【0038】c. 詳細な実施例

さて図5を参照すると、一般に受け入れられている実施形態を保ちつつ、記号復号プログラムを実行するために使用されるプロセッサ及び主記憶装置資源は、復号プログラムが呼び出される毎にステップ61で再度初期化される。図1に示した実施例では、プロセッサ22はその主記憶装置23と、又、必要ならばその大容量記憶装置24（図1）と通信して記号復号処理を実行するが、復号処理は主記憶装置23又は別個の記憶システム（図示せず）を使用して別個のプログラム内蔵プロセッサ（図示せず）の制御のもとでも実行できることは明白であろう。

【0039】1. クロック回復

システムが所定の記号コードを復号するために初期化されると、コードのビットマップ画像のコピーが例えばステップ62で主記憶装置に装填され、次にこの画像はステップ63で変換されて、コードの各記号用に少なくとも一つの、しかし数個未満の中心に位置決めされたビット、すなわち“ピクセル”からなる同一の縮尺されたビットマップ画像が得られる。後述するように、変換を行うステップ63は一般に記号が印刷される空間密度に適合するようにされる。何故ならば、高密度の記号は低密度の記号よりも印刷、複写及び走査中に生ずるばやけによって分離しがたく併合され易いからである。スキャン・インされた記号が良く分離されると、各々の中心の近傍で単一ピクセルに収縮することができる。一方、スキャン・インされた記号が接触する場合は、これらの記号は先ずフィルタリングによって互いに分離され、その後、収縮することができる。この時点で、変換ステップ63は記号コードのスキャン・インされたビットマップをコードの各データ・セルのおおよその中心で単一ピクセルを含むビットマップへと変換する。しかし、これは

必ずしも不可欠ではないことを理解されたい。

#### 【0040】ii. 歪み及び縮尺の判定

実際には、復号されるべき記号コードのスキャン・インされた画像は水平から時計回り、又は逆時計回り方向に歪むことがあり、かつ、そのX軸及びY軸の双方又は一方に沿った異なる大きさの縮尺誤差によりひずむことがある。そのため、ステップ65で、(図示のように)記号毎のベースで、又はデータ・ブロック毎のベースで(図示せず)、又は画像歪み取り及び再基準化プロセス(これも図示せず)を利用して前記誤差を修正するた

めの歪み及び縮尺補正要素を計算する措置が取られている。  
【0041】明らかであるように、歪み及び縮尺補正要素は周知の、又は判定可能である公称の(すなわち誤差がない)空間関係を有する、スキャン・インされたビットマップ画像空間内の3つまたはそれ以上の基準共線点のいずれかのX-Y座標から計算することができる。これらの基準点の一つは変換上、不変量の基準位置を確定するために選択されるので、歪み及び縮尺誤差は別の基準点の各々の実際位置と公称の位置とが前記の空間的に定められた基準位置から変位する距離と角度とを比較することによって判定することができる。

【0042】既に指摘したように、データ符号化された記号は一般にほぼ方形のデータ配列もしくはデータ・ブロック内の所定の空間密度で印刷されるので、データ・セルを規定する記号の中心(本明細書では一般に記号中心と呼ばれる)は通常はほぼ長方形の構成に配置される。従って、歪み及び縮尺補正要素は印刷された記号コードの少なくとも3つのコーナー記号の外見上の中心ピクセルのX-Yビットマップ画像空間座標から適切に計算される。(しかし、いわゆる“基準点”の必要な特性の前述の説明から、他の任意の独自に識別可能な記号の外見上の中心をコーナー記号の外見上の中心の代わりに、又はそれに加えて用いることができることは明白である。)このように、図示のとおり、ステップ65で歪み及び縮尺補正要素を計算するのに必要な情報が全て収集されたことがステップ68で判定されるまで、選択されたコーナー・ピクセルの連続するX-Y座標はステップ66で特定され、ステップ67で記憶される。

【0043】しかし、このような歪み及び縮尺補正要素を計算するために、コーナー記号の外見上の中心の代わりに、又はそれに加えて他の任意の独自に識別可能な記号の外見上の中心を利用できることは再度理解することが必要であり、その場合はいわゆる“基準点”の必要な特性の前述の説明を参照されたい。更に、コーナー記号の中心ピクセルは六角形の格子パターンのような別の種類の記号コード・パターン用の歪み及び縮尺補正要素を計算するために利用できることを理解されたい。

【0044】適宜の歪み及び縮尺補正要素を計算するために十分な精度を備えたコーナー・ピクセルのX-Y座

標を特定するために、変換ステップ63で得られる変換されたビットマップで比較的直送式の画像分析を実行することができる。外見上の記号中心ピクセルのビットマップ画像が左から右、及び上から下の順序で走査される場合は、遭遇する最初のONピクセルは画像の左上(UL)コーナーのピクセル又は右上(UR)コーナーの近傍のピクセルのいずれかである。この曖昧性を解決するため、このピクセルは仮にULコーナーのピクセルとして受入れられるが、左にM以上のピクセルがあり、仮に受入れられたピクセルの下にN未満の走査線がある、任意の引き続き走査されたピクセルにULコーナー・ピクセルの行き先を付与するには受入れられない。

【0045】ある場合にはULコーナーの記号が不明であることがあるので、記号コードの第1行目の第2の記号のおおよその中心を表すピクセルを仮にULコーナー・ピクセルであると特定してもよい。しかし、記号、もしくはデータ・セルの中心から中心の垂直の平均間隔よりも(走査線内で)わずかに大きくNを選択すると、Nの走査線の走査中の任意の時点で、仮に受入れられたピクセルの左から約1つのデータ・セル分の距離でONピクセルに遭遇した場合は、前記の誤差はULコーナー・ピクセル位置をビットマップ画像に帰することによって検出され、かつ修正されることができる。別の場合には、第2行のデータ内の第1の記号のおおよその中心をマークするピクセルがULコーナー・ピクセルのやや左にあることがある。しかし、Mをデータ・セルの(プリンタのピクセル、すなわちベル内の)平均的な中心から中心への水平変位の適宜に大きい分数(例えば約1/2)の値に選択すると、ビットマップ画像が例えば20°未満しか歪んでいない場合はこの逸れは基本的に無視される。簡略に述べると、MとNの好ましい値は印刷された記号のベル内のデータ・セルのサイズによって左右される。データ・セルのサイズが10ベル×10ベルである場合は、Mは約5ピクセルに等しく選択され、Nは約15の走査線に等しく選択されることが適切である。比較すると、5ベル×5ベルの場合は、一般にMは約3ピクセルに等しく選択され、Nは一般に約8の走査線に等しく選択される。

【0046】スキャン・インされた記号コード・パターン

のULコーナーを位置指定するための前述のプロセスは、スキャン・インされるコード・パターンの右上(UR)コーナー、左下(LL)コーナー及び右下(LR)コーナーの記号の外見上の中心ピクセルを位置決めるための対応するプロセスを付与するために直送式アナロジーによって拡張できるものである。これらのコーナー・ピクセルのX-Y座標は(0, 0)基準座標を、例えばULコーナーでのピクセルへと割当て、かつ、次に別のコーナー・ピクセルの全ての座標を前記基準座標と照合することによってビットマップ画像空間内で特定することができる。

【0047】あるいは、コーナー記号のいずれか又は全ての外見上の中心ピクセルはUL及びLRについては右上方に、又、UR及びLLについては左上方に傾斜した走査線に沿って単一又は複数回の走査を行うことによって発見することができる。この走査線は最初は記号コード・パターンの外側の安全距離に位置しているが、各々の連続する走査毎に目標のコーナー記号の方向に増分的にシフトして、次第に前記化文字に接近する。従って、目標のコーナー記号の外見上の中心ピクセルは通常はこの走査プロセスが遭遇する最初の“ON”ピクセルである。

【0048】印刷された記号のデータ・セルのサイズと、印刷された記号のコード・パターンの外見上の中心ピクセルのX-Yビットマップ画像空間座標が定まると、記号コードのビットマップ画像の回転及び縮尺は前述のように確定することができる。あるいは、フーリエ変換又はワルシュ変換のような周波数変換を記号コードのスキャン・インされたビットマップ又は記号中心ピクセルのビットマップの00れかで実行することによって、記号の周期性を確定することができる。

【0049】iii. 飛び越し、探索及びラベル  
このように、記号コードのビットマップ画像内の隣接する記号の中心間の平均ピクセル数もステップ80において計算できることが明らかであろう。この情報があれば、飛び越し及び探索プロセスを例えば外見上の記号中心のビットマップ画像のULコーナー・ピクセルで開始して、印刷された記号コードの空間的に近接した連続する行から空間的に近接した連続する記号の外見上の中心のおおよそのX-Yビットマップ画像空間の座標をステップ71で特定し、ステップ72でこれを記憶することが可能である。この座標ラベル付けプロセスはULコーナー・ピクセルからその右側の近隣の予期される位置への飛び越しによって開始される。その位置でONピクセルが発見されれば、ピクセルにはそのX-Y座標がラベル付けされ、次にプロセスは次の近接する記号の予期される中心位置に飛び越す。これに対して、プロセスが予期される中心位置にONピクセルを発見しなかった場合は、プロセスは代表的には拡張ダイヤモンド状、又は螺旋状の探索パターンを用いて拡張された探索を実行し、予期された中心位置から一つ方向又は別の方向の幾つかのピクセル位置内にONピクセルがあるかどうかを判定する。ある場合は、それが遭遇した最初の“ON”ピクセルにX-Y座標をラベル付けし、次に次の隣接する記号の予測中心位置へと飛び越す。逆に、探索によって隣接するONピクセルを発見しなかった場合は、プロセスは次の記号の中心ピクセルを位置決めするために飛び越す前に、記号の中心ピクセルを発見すると予測される位置に適宜に戻って、その位置にX-Y座標をラベル付ける。このプロセスはスキャン・インされた記号コードの記号毎に、又、行毎に継続され、各々の、又、全て

の記号中心位置についてビットマップ画像空間にX-Y座標のラベルを付与する。

【0050】iv. 再校正された記号中心のラベル付け(オプション)

図6に示すように、記号中心が記号中心ビットマップ画像内で良く分離されない場合は、前述の飛び越しにより実行される記号中心のラベル付けには誤りが含まれることがある。高密度の記号コードのスキャン・インされたビットマップ画像から記号中心ビットマップ画像を作成するために利用できる変換プロセスには前記の分離が全ての記号中心でなされることを保証しないものがあるので、前記画像の記号中心用にX-Y座標ラベルを再計算するためのオプションの校正プロセスがある。

【0051】図5を参照すると、このオプションの校正プロセスは所定の記号中心の集合の重心からの記号中心ピクセルの平均距離に基づいて、これらの集合の各々の内部の全ての記号中心ピクセル用にX-Y座標を再計算するために単数又は複数の記号中心ピクセルの集合の重心のX-Y座標を利用することが示されている。この校正は記号中心ビットマップ画像の重心に対して記号中心ピクセルのX-Y座標を校正するために一度だけ実施してもよい。あるいは、図示のように、ステップ83で確定される各々の重心に対して記号中心ピクセルの連続する集合(例えば16×16のブロック)のX-Y座標をステップ82で校正するため、ステップ81で前記の校正を反復してもよい。

【0052】v. 符号化されたデータ値の時間領域への復元

X-Yラベルが記号中心ピクセルに付与され、それらの必要な全ての校正が完了した後、通常、X-Y座標ラベルは論理ブロック・シーケンスに記憶され、それによってデータが前記ラベルを付与された記号へと符号化される順序に従って逐次前記ラベルが再度順序付けされる。更に、ステップ85に示すように、増分する指標値が再度順序付けされたラベルに割当てられるので、これらのラベルは分類された順に容易に検索することができる。

【0053】vi. 記号の形状からのデータ値の確定

図7を参照すると、記号に指標付けされたX-Y座標が付与されると、記号コードは論理シーケンスで個々の記号の形状を分析することによって復号し、逐次個々の記号に符号化されたデータ値を判定することができる。この記号の形状分析を実施するため、ステップ101でスキャン・インされた記号コードのビットマップ画像はステップ102で複数の異なるフィルタに従って別個にフィルタリングされ、その各々は許容される記号形状の各々の一つからのピクセルをパスし、かつ、別の記号形状の全てからのピクセルを抑制するためにステップ103で選択される。このような理由から、フィルタは許容される記号の形状のそれぞれの一つに個々に“同調”されることができ。ビットマップ・フィルタリング

は図7に示すように直列でおこなってもよく、図4に示すように並列で行ってもよい。いずれの場合も、フィルタリングされたビットマップはステップ104で記憶されるので、以下に説明するように復号プロセスの記号毎の分析ステップ中に検索することができる。

【0054】フィルタリングされたビットマップ画像を得るには、記号コードのビットマップ画像は複数の異なる弱いヒットミス・フィルタに従って独立した操作によって形態的に侵食されることが有利である。前記フィルタの各々は異なる一つの許容できる記号の形状には比較的よく適合され、他の全ての形状には比較的不十分にしか適合されない。これらのフィルタは記号の形状（すなわち、記号の形状を規定する“ON”及び“OFF”ピクセルのパターン）をゆるやかにしか指定しないので“ゆるやかな”ヒットミス・フィルタと呼ばれる。その結果、ソース画像内での適合する記号のフィルタリングによって一般に、適合する記号の中心の近傍で幾つかのONピクセルが目標画像、すなわちフィルタリングされた画像へと書き込まれ、一方、非適合記号のフィルタリングによって、仮にある場合でも、著しく少ないONピクセルが非適合記号の中心の近傍でONピクセルが目標とされる画像へと書き込まれる。言い換えると、フィルタリングによって特定の画像を生成するために利用されるフィルタによって十分に適合された記号については、前記フィルタによって適合されない、もしくは不十分にしか適合されない記号についてよりも著しく多数のONピクセルがフィルタリングされた画像に書き込まれる。

【0055】フィルタリングされたビットマップ画像の全てが構成されたことがステップ105で判定された後、ステップ106で記号指標がインタ107が復号されるべき最初の記号用の指標値にセットされ、それによって記憶装置からの最初の記号用のX-Y画像空間座標のラベルが検索される。ステップ111でこのラベルは復号されるべき記号のほぼ中心でフィルタリングされたビットマップ画像を連続して空間的にアドレス指定するために使用されるので、これらの画像の各々が含む前記特定の記号の中心の近傍のONピクセルはステップ112でカウントすることができる。一方、これらのカウントはステップ113でデータ配列の別個のセルに記憶される。

【0056】代表的には、ピクセルのカウントはアドレス指定された記号のラベル付けされた中心点で開始され、次にそこから外側に移動して記号の中心点を中心とする選択された数の次第に大きくなる正方形内にあるONピクセルの数をカウントすることによって行われる。この“方形リング”探索パターンは1ピクセル位置／リングの比率で全方向に伸張するが、探索は復号されている記号用のデータ・セルに限定される。例えば、図8に示すように、記号毎に10×10ペルのデータ・セ

ルを使用して900ビット／平方インチの密度で書き込まれる記号コードには3つのリングの探索が適当である。これとは対照的に、図9に示すように、5×5ペルのデータ・セルを使用して3600ビット／平方インチの密度で書き込まれる記号コードには2つのリングの探索が適当である。いずれの場合も、最も内側のリングはX-Y座標のラベル付けされた記号の中心点である。

【0057】ステップ115（図7）で所定の記号についての全てのピクセル・カウントが累積されたことが確認されると、それらのピクセル・カウントを含むデータ配列はステップ116でカウント値のランク順に記憶されるので、ステップ117では2つの最大カウントを比較のためにそこから直送式に抽出することができる。ステップ121で判定された結果、これらのカウントが等しくない場合は、最大カウントを生じた記号の形状に関連するデータ値はステップ121で所定の記号用の指標に割当てられる。これに対して、比較検査121によって2つの最大カウントが等しいことが判定されると、誤りカウントが増分されて、発生する復号の曖昧性の数が追跡され、曖昧性又は“誤差”がどこで生じたかを指示するために曖昧な記号のX-Y座標ラベルが記憶される。次に、ステップ126で復号されるべき記号が更にあることが判定されると、ステップ107で記号の指標値が増分されて、カウント及び比較プロセスが次の記号について反復される。

【0058】vii. 誤差修正符号化を利用したシステム  
図10に示すように、記号形状の符号化と復号は誤差修正コードを含むデータ用に利用することができる。その目的のため、データはステップ131で記号形状に符号化され、次に符号化された記号形状はステップ132でラスタ形式に変換されるので、これらの形状はビットマップ・プリンタによって普通紙のような適宜の記録媒体に印刷されることができる。引き続き、印刷された画像（これには人間が読み取り可能な情報と記号コードとが含まれる）が入力走査プロセス134によってビットマップ画像に変換される。このビットマップ画像はステップ135で記号コードのスキャン・インされた画像を分離するためにバージニングされるので、ステップ136で前述の復号プロセスを利用して復号されたデータ値を記号もしくはデータ指標に割り当てることができる。次に記号に復号されたデータはステップ137で、誤差修正された形式の元のデータを得るために誤差修正コード復号器によって処理される。

【0059】viii. 記号中心ピクセルを分離するための変換

記号形状コードの記号の中心を特定する問題に戻って、その機能を果たすための3つの異なる技術を説明する。図5のステップ63で記号コードのスキャン・インされたビットマップ画像を記号中心ピクセルのビットマップへと変換する2つの方法をこの項で説明し、このような

変換を必要としない第3の方法は次の項で説明する。従って、この項では、変換プロセス63は記号の評価とは別個の異なるステップとして記号中心を分離するために実行されるものと想定する。理解されるように、変換プロセス63は記号コードの周期性を表す大型のフィルタ（これらのフィルタは代表的には2-6サイクルの長さである。）を利用し、又は、個々の記号形状を表す小型フィルタ（これらのフィルタは通常は記号よりもやや小さい）を利用して実行することができる。

【0060】先ず大型フィルタによる変換63の実行を、10  
考察すると、密度が低い記号コードの記号（すなわち6  
ベル×6ベルのように小さい記号セルを使用して約25  
00記号/平方インチの密度で印刷される記号）は通常  
は記号コードのスキャン・インされたビットマップ画像  
内で適度によく分離される。従って図11に示すよう  
に、それらの外見上の中心ピクセルは一般にステップ1  
41において大型の水平ヒットミス・フィルタ及びス  
テップ142において大型の垂直ヒットミス・フィル  
タに従ってスキャン・インされたビットマップ画像14  
0（図12参照）を「開」（OPENING）すること  
によって十分な精度で特定することができる。これらの  
OPENING操作の結果、ステップ143でビット論  
理和されて、比較的小さい対角線ONピクセル構造を有  
する第1レベルのフィルタリングされたビットマップ画  
像が構成される。次に、フィルタリングされたビットマ  
ップ画像はステップ144及び145でそれぞれ水平及  
び垂直のヒットミス・フィルタに従って「開」され、  
これらの操作の結果はステップ146でビット論理積演  
算されて、更に小さい対角線構造と小さい垂直及び水平  
構造を有する第2レベルのフィルタリングされたビット  
マップ画像が得られる。図13を参照されたい。第2レ  
ベルでフィルタリングされた画像（図14参照）のON  
ピクセル構造を更に縮小する必要がある場合は、図15  
に示すようにステップ151-156で第2レベルのフ  
ィルタリング・プロセスを更に一度又はそれ以上反復し  
てもよい。

【0061】図19に示すように、密度がより高い記号  
（すなわち5×5ベルのように小さい記号セルを用いた  
3600記号/平方インチに及ぶ密度）記号中心ピクセル  
を位置指定するには、ステップ161及び162で大  
型の水平及び垂直のヒットのみをフィルタにそれぞれ従  
って記号コードのビットマップ画像が適宜に「開」さ  
れ、これらのプロセスの結果は次にステップ163でビ  
ット論理積演算されて、よりよく分離されたマークから  
なるビットマップ画像が構成される。

【0062】画像「開」操作161、162のビット論  
理積演算163は生成されるビットマップ画像内の記号  
中心位置に意図しないホールを生ずることがあるが、こ  
れらのホールは埋めることができる。その目的のため、  
変換プロセス63（図5）のこのような特定のバージョ  
ン

ンには更に充填及び修復プロセスの一度又はそれ以上の  
反復を含めることができる。図20に示すこの充填及び  
修復プロセスを実行するためには、フィルタリングされ  
たビットマップは先ず大型の水平及び垂直のヒットのみ  
用フィルタにそれぞれ従ってステップ171及び172  
で膨張され、かつ、次にビットマップ画像が伸張するこ  
とを防止するためステップ173でビット論理積演算さ  
れる。一方、この画像は大型のヒットのみ用のフィルタ  
又は大型のヒットミス・フィルタのいずれかに従って  
ステップ174と175で「開」され、次に「開」操作  
174と175の結果はステップ176でビット論理積  
演算される。

【0063】充填及び修復プロセスが完了すると、ビ  
ットマップ画像は少なくとも幾つかの記号位置で幾つかの  
ONピクセルに近接する。しかし、画像は薄化操作が停  
止されるまで、反復的な薄化プロセスを実施することに  
よって記号当たり約1ピクセル分だけ薄化することがで  
きる。図22に示すように、この薄化プロセスはステッ  
プ190で薄化されるべきビットマップ画像のコピーに  
よって、又、4つのヒットミスSE、191-194  
のそれぞれ第1組によって開始される。これらのヒッ  
トミス・フィルタ191-194はそれぞれ0°、90°  
、180°及び270°の角度での2つのONピクセル  
と1つのOFFピクセルの空間的シーケンスを指定す  
る。薄化プロセスの最小の反復中、先ずビットマップが  
第1のSE191に従ってステップ196でX論理和さ  
れ、次に侵食されたビットマップが薄化されている画像1  
90とステップ196でX論理和され、それによって単  
一のONピクセルがSE191の方位に複数のONピク  
セルを含む各々の記号位置から薄化、すなわち「トリミ  
ング」され、その際、トリミングされるピクセルはSE  
191の中心位置と位置合わせされたピクセルである。  
この最初の薄化に続いて、SE指標197が増分され  
て、連続する残りの構造要素192-194を用いて薄  
化された画像での侵食及びX論理和ステップ195及び  
196を反復するので、過剰なONピクセルが全ての水  
平及び（又は）垂直の隣接するONピクセルの集合から  
の所定の並行順でトリミングされる。

【0064】ステップ198で判定される薄化プロセス  
の各々の反復後、薄化されたビットマップ画像はステッ  
プ199でビットマップ画像190と比較される。画像  
が同一である場合は、薄化プロセスは停止され、そこ  
でプロセスは完了する。同一ではない場合は、薄化された  
画像はステップ190でコピーされ、次にプロセスは画  
像を更に薄くするために反復される。

【0065】例えば4ベル×4ベルのように小さい記号  
セルに例えば5625記号/平方インチまでに及ぶ空間  
密度を有する更に高い密度の記号コードも媒体の密度コ  
ードの変換のための前述と同じプロセスを利用して記号  
の外見上の中心を位置決めするために変換することがで

21

きる。しかし、これらの密度が更に高いコードを変換するには一般に充填及び修復プロセス171-176を何度か繰り返す必要がある。(図20)

【0066】あるいは、前述したように、変換プロセス63(図5)は許容できる記号形状にゆるやかに適合された小型のヒットミス・フィルタを利用して実行することができる。これを達成するには、図23に示すように、許容できる記号形状のそれぞれ一つにゆるやかに適合された小さいSEに従ってステップ201と202で侵食され、次にこれらの侵食の結果がステップ203でビット論理和され、より小さいマークもしくはピクセル・パターンからなるフィルタリングされたビットマップ画像が構成される。例えば、回転変形記号が用いられる場合は、侵食201、202の結果のビット論理和203はより小さい、より環状のビットもしくはピクセル・パターンからなるフィルタリングされたビットマップを生成する。図16を参照されたい。このフィルタリングされたビットマップは一般に各記号の中心の近傍に幾つかのピクセルを含んでいる。

【0067】従って、前述の種類の薄化プロセス(図22参照)は通常はフィルタリングされたビットマップを記号当たり約1つのONピクセルまで薄くするために必要である。この薄化プロセスに先行して、薄化によって各記号の最も中心位置のNOピクセルをより精確に分離できるように記号位置におけるピクセル・パターンの境界ボックスを拡張させることができる。このような境界ボックスの拡張によって作成されたビットマップ画像の例は図17を参照されたい。

【0068】フィルタリングされたビットマップ(図16)又は境界が拡張されたその対向部分の薄化は全ての記号中心が単一の、分離されたONピクセルによって確実に規定される前に停止してもよい。空間密度が高いコードの場合は、それによって飛び越し、探索及びラベル付けプロセス71-73(図5)中に著しいラベル付けの誤りが生ずる可能性があるが、通常はオプションの校正プロセスによって復号プロセスの記号評価ステップが図7のステップ107において、記号毎に追跡可能であるようにに充分精確に記号中心ラベルを再校正することができる。

【0069】3. 畳み込みフィルタリングによる復号  
図24を参照すると、ステップ211でコードのビットマップ画像から記号形状コードの記号を復号する畳み込みフィルタリング・プロセスが示されている。図示のとおり、このプロセスは外見上の中心ピクセルをX-Y画像に位置決めするために記号を収縮しなくても実行することができる。そうする代わりに、ビットマップ画像211はステップ212でnの異なるフィルタで別個に畳み込みされ、そのフィルタの各々はnの許容される記号形状の対応する一つと強く適合される。このような畳み込みによって作成された画像は、今度はビットマップ画

22

像空間内のX-Y座標位置を特定し、一方、ほぼ同時にステップ221-224で復号のために形状で記号を分類するためにステップ213-218で記号毎に処理され、あるいは、ビットマップ画像はデータ・セル毎にnの整合されたフィルタの集合で畳み込みされる。更に、拡張された畳み込み画像を供給して、異なる記号どうしを補足的に判別するために各々の許容される記号形状毎に多重の畳み込みを行うことができることが理解されよう。

【0070】図25A及び25Bに示すように、畳み込みフィルタリングはステップ228及び229のそれぞれで重みなし、又は重み付け処理されることができる。重みなしフィルタは二値の正又は負の値から成り、一方、重み付きフィルタは正及び負の双方又は一方のグレイ・スケール値からなっている。フィルタ229のような重み付きフィルタが使用される場合は、これらのフィルタは整合された記号形状のより明確な特徴を強調するために、又、別の記号形状のより明確な特徴を弱めるために重み付けされることが有利である。

【0071】より詳細に述べると、図24に示すプロセスに従って記号コードを復号するために、ステップ231で周知の互いの公称の間隔関係の3つ、又はそれ以上の非共線基準点が記号コード・ビットマップ画像空間に位置決めされて、ステップ232でビットマップ・歪み及びX及びY座標の縮尺補正要素が計算される。X及びY座標の縮尺補正要素はステップ233で、ビットマップ画像空間のX軸及びY軸のそれぞれに沿った記号の中心から中心までの平均変位を校正するために利用される。これらの校正が行われる変位値は記号が印刷された(プリンタ・ベルにおける)空間密度の以前の知識又は、急速フーリエ変換又は急速ワルシュ変換のような周波数変換によって確定された記号コードのビットマップ画像の周期性のいずれかによって計算することができる。一方、ステップ213では、歪み補正要素が利用されて、X及びY変位ベクトルの角度が設定され、それによって画像処理がビットマップ画像空間の一つの記号位置から次の記号の予測位置へと充分な精度で飛び越しして、次の記号の中心を比較的小さい局部領域を探索することによって位置決めできるようにされる。この局域的探索は拡張菱形又は拡張方形リング状の探索パターンに従って適切に実行される。簡略に述べると、この復号プロセスと前述の復号プロセスの予備ステップはほぼ同一であることが明らかであろう。しかし、このプロセスの場合は二値符号化プロセスよりも記号コード・ビットマップ画像の予備処理が大幅に少なくて済むことも明らかである。

【0072】記号コードはステップ213で始まって、例えばULコーナー記号(その中心を位置決めする適切なプロセスについては既に説明した。)のほぼ中心で記号毎に復号される。復号を実行するため、ビットマップ

画像はステップ212でnの記号突き合わせフィルタによって畳み込まれる。それによってnのグレー・スケールが作成され、その各々はnの許容される記号形状のそれぞれの一つに比較強く適合されたフィルタに対する記号コード画像の畳み込みされた応答を表している。局域的探索はステップ214でこれらの畳み込み画像の各々で、符号化されている記号のおおよその、すなわち見積りの位置から行われ、ステップ215で、その特定の記号用に各々の画像が含む最大畳み込み値にX-Y画像空間座標がラベル付けされる。図24に示すように、これらの局域的最大の畳み込み値はステップ214で畳み込まれた画像から読み出され、かつステップ215でそれらのX-Yビットマップ画像空間座標によって指標付けられるが、局域の最大値は別の実施例では、これらの局域の最大値を囲む小さい領域から畳み込み値の合計を指標付けするために利用できることが理解されよう。

【0073】 nの畳み込み画像についての指標付けされた畳み込み値（すなわち局域の最大値又は合計値）はステップ216でランク付けされた順に分類され、次にステップ217で2つの最高値が比較される。ステップ221で双方の値が等しくないと判定された場合は、処理されている記号のデータ値は畳み込みと照合して復号されて、より大きい値が生成され、その畳み込み値用のX-Yラベルが復号されたデータ値に割当てられ、そのデータがビットマップ画像空間内で指標付けされる。ステップ222を参照されたい。一方、ステップ221で2つの最大値が等しいものと判定された場合は、それらのうちの選択された一つのX-Yラベルが誤り位置を特定するために記録され、ステップ223で誤りカウントが増分される。その後、ステップ224に示すように、畳み込みと照合することにより見積りされた復号データ値が付与されて選択された畳み込み値が生成され、選択された畳み込み値用のX-Yラベルすなわち指標が復号データ値をビットマップ画像空間に指標付けするために復号データ値に割当てられる。

【0074】 ステップ218で復号されるべき別の記号があることが判定されると、前述のプロセスは次の記号を復号するために反復される。復号されるべき別の記号がある場合には、復号プロセスは前述の飛び越し及び探索ルーチンを利用して次の記号へと前進するために、以前復号された隣接する記号のビットマップ画像空間のX-Y座標（すなわち指標位置）を利用する。

【0075】 図26を参照すると、この復号プロセスのノイズ耐性を高めるため、復号されている記号の局域の最大畳み込み値の各々はステップ231で小さい周囲領域からの次の隣接する畳み込み値と合計される。例えば、畳み込み値は各々の畳み込み画像で分析されている記号の局域の最大値を中心とする小さい菱形又は方形の領域から画像毎に累積されることができる。ステップ233で判定されるこれらの局域の最大値のX-Y座標は

次にステップ234でそれぞれの画像から累積された畳み込み値の合計をラベル付けするために用いられ、次に合計はステップ235でランク付けされた順に分類される。この時点からは、復号プロセスはこの形式の復号の前述のバージョンと同様である。

【0076】 結論前述のとおり、本発明はセルフクロッキング記号コードのビットマップ画像空か表現を復号し、かつ、このようなコードの復号中に遭遇する曖昧性（しばしば“誤差”と呼ばれる）の数と位置を追跡するための二値画像処理技術を提供するものである。更に、画像処理の本質的な部分は形態的なフィルタリング操作を利用して行われ、このような操作がもたらす並行処理の利点を活用していることが明らかである。更に、本発明に従って実行される誤り検出は実行される復号の信頼性を高めるために、本明細書に引用されているスターンらの畳み込みフィルタリング・プロセスのような一つ又はそれ以上の別の復号プロセスにより誤りの統計と関連させ、かつ比較できることが分かる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の種々の側面を実行し、かつその利点を活用するための電子文書処理システムの簡略構成図である。

【図2】 図1に示した文書処理システム用の代表的なプロセッサ/インタフェースの機能構成図である。

【図3】 Aは回転変形の記号形状から成る比較的簡単なセルフクロッキング二値記号コードにより達成されるビット符号化を図示したコード図、Bは回転変形の記号形状における二値データのビット符号化を示した別のコード図、Cは図3Aに示した形式の回転変形の記号形状用の代表的なセル構造及び代表的な印刷されたピクセル・パターン図である。

【図4】 第1の記号コード復号プロセスの高レベルの機能流れ図である。

【図5】 図4に示した復号プロセスの実現の記号中心の位置決め、ラベル付け及び分類ステップのより詳細な流れ図である。

【図6】 図5に示したオプションの校正プロセスによる再校正のための予測されるラベル付けされた記号中心位置のビットマップ画像である。

【図7】 図4に示した復号プロセスの前述の実施例の記号読出し/誤り検出ステップの比較的详细な流れ図である。

【図8】 比較的低密度と、比較的高密度の記号コードのそれぞれを復号するために利用されるピクセル探索領域を示す図面である。

【図9】 比較的低密度と、比較的高密度の記号コードのそれぞれを復号するために利用されるピクセル探索領域を示す図面である。

【図10】 記号形状の符号化と復号が誤り修正コード（ECC）を含むデータのために利用されるシステムの

高レベルの機能構成図である。

【図11】 記号コード画像の周期性に従って構成された大型のフィルタを利用して記号の中心又はその近傍のONピクセルを分離するために記号コードのスクラン・インされたビットマップ画像をフィルタリングするための形態的フィルタリング・プロセスの機能構成図である。

【図12】 代表的な記号コードのビットマップ画像である。

【図13】 図12に示したビットマップ画像に図11に示したフィルタリング・プロセスを適用した場合の効果を示すビットマップ画像である。

【図14】 図13に示したビットマップ画像に図11のフィルタリング・プロセスの第2レベルのフィルタリングを反復的に再適用した効果を示す別のビットマップ画像である。

【図15】 反復された第2レベルのフィルタリング・プロセスの機能構成図である。

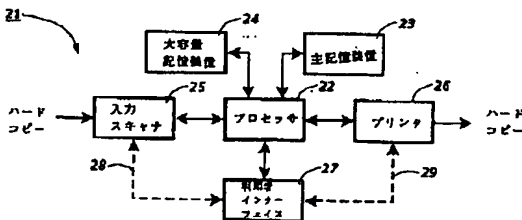
【図16】 記号中心を空間的に分離するための別の形態的フィルタリング・プロセスによりフィルタリングされた記号コードのビットマップ画像である。

【図17】 図16に示したビットマップ画像内のピクセル・パターンの境界ボックス拡張を示す図面である。

【図18】 空間的に比較的低密度の記号コードの場合、図16に示したビットマップ画像内の個々の記号関連ピクセル・パターンの重心を特定することによって、又は、前記パターンもしくは図17に示した境界ボックスの拡張において行われる薄化プロセスによって達成可能である記号中心ピクセルの分離を示すビットマップ画像である。

【図19】 より高密度の記号コードの記号の空間的分離を促進するために大型のフィルタを使用した予備的な形態的フィルタリング・プロセスの機能構成図である。

【図1】



【図20】 図19のフィルタリング・プロセスが記号中心位置にホールを発生した場合にONピクセルを記号の中心位置に復元するために利用できる形態的ビットマップ画像修復プロセスの機能構成図である。

【図21】 図17に示したビットマップ又は図20に示した画像修復プロセスで薄化プロセスを実行することによって作成できるような比較的高密度の記号コードの記号中心のビットマップ画像である。

【図22】 図21に示したビットマップ画像を作成するために利用できる反復的な形態的薄化プロセスの機能構成図である。

【図23】 小さい、ゆるやかに突き合わせされたヒトミ・フィルタを利用した記号中心ピクセルを分離するための形態的プロセスの機能構成図である。

【図24】 ビットマップ画像空間に記号の中心を位置決めし、かつ、その形状に従って記号を分類するためにビットマップ・コード画像の畳み込みフィルタリングを利用した復号プロセスの機能流れ図である。

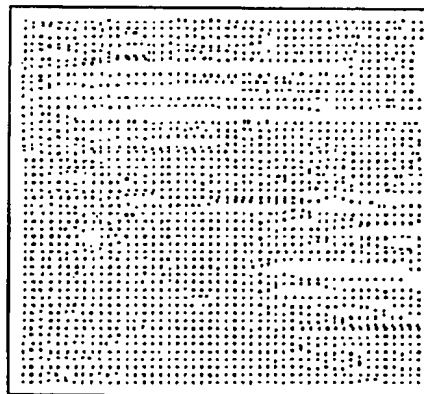
【図25】 A、Bは各々がフィルタによって強く突き合わせされた記号形状を有する、畳み込みされた重みなし、及び重み付のフィルタリングの結果を示す図である。

【図26】 図24に示した復号プロセスの変形された実施例の部分流れ図である。

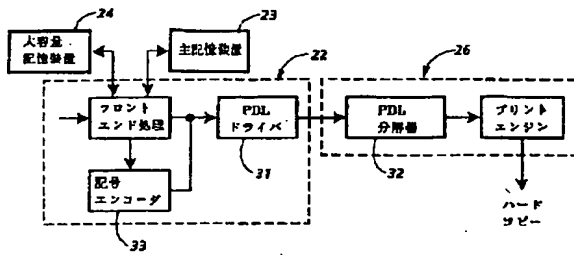
【符号の説明】

21 電子文書処理システム、22 デジタル・プロセッサ、23 主記憶装置、24 大容量記憶装置、25 入力走査機構、26 プリンタ、27 インタフェース、28 ユーザー・インタフェース、29 ユーザー・インタフェース、31 PDLドライバ、32 PDL分解器、33 記号復号器、35 デジタル・データ、36 記号、37 データ・セル

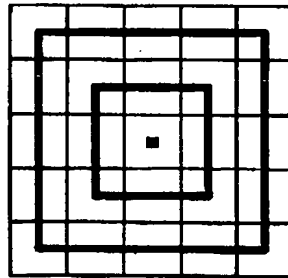
【図6】



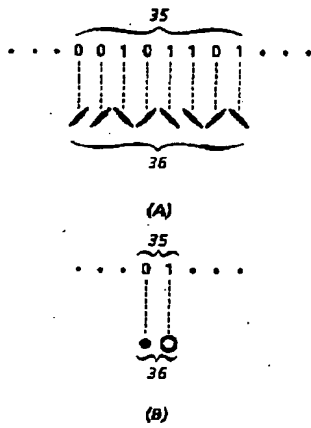
【図2】



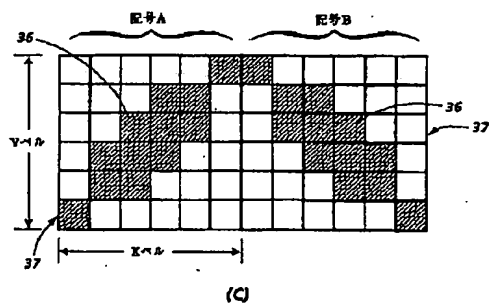
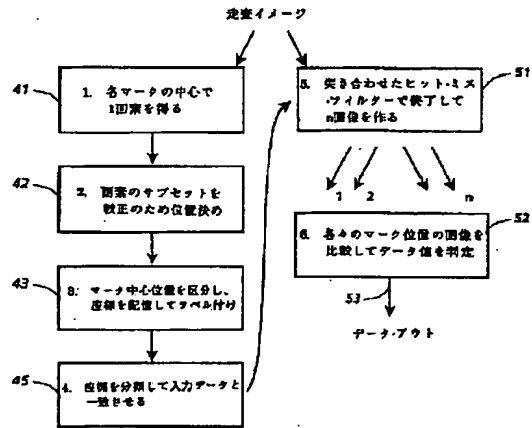
【図8】



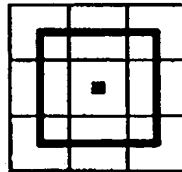
【図3】



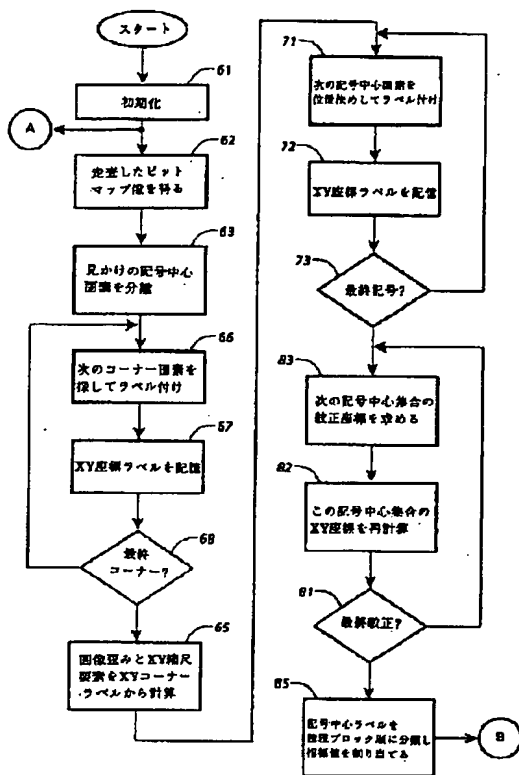
【図4】



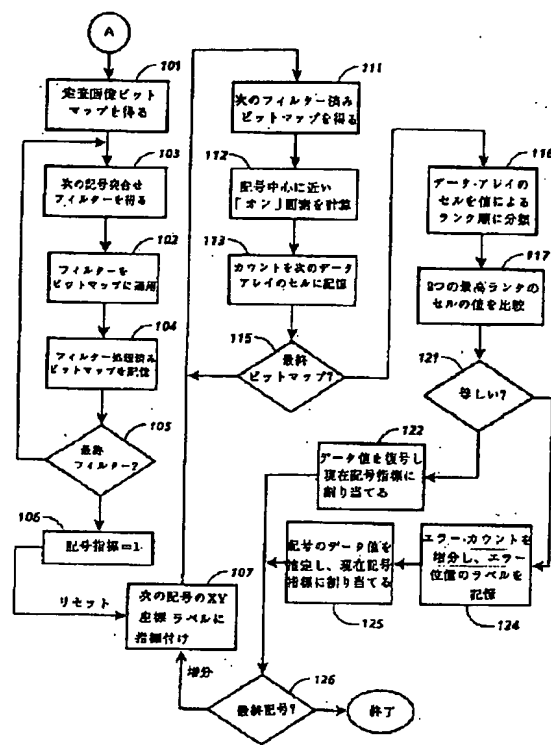
【図9】



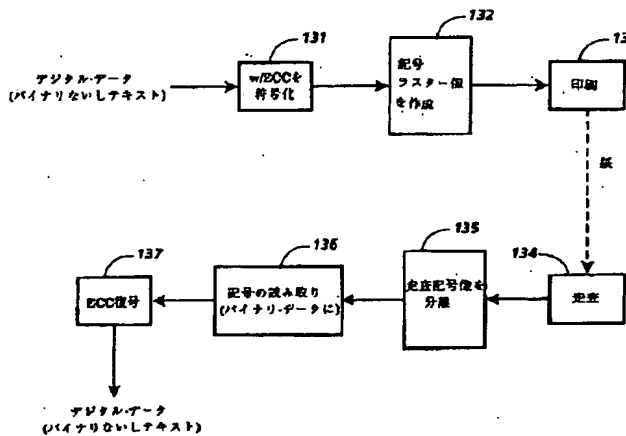
【図5】



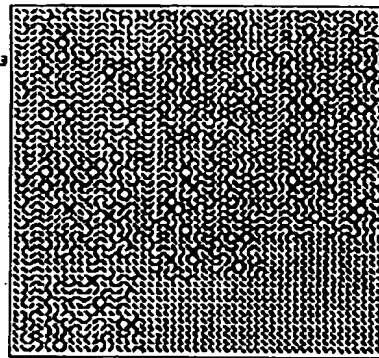
【図7】



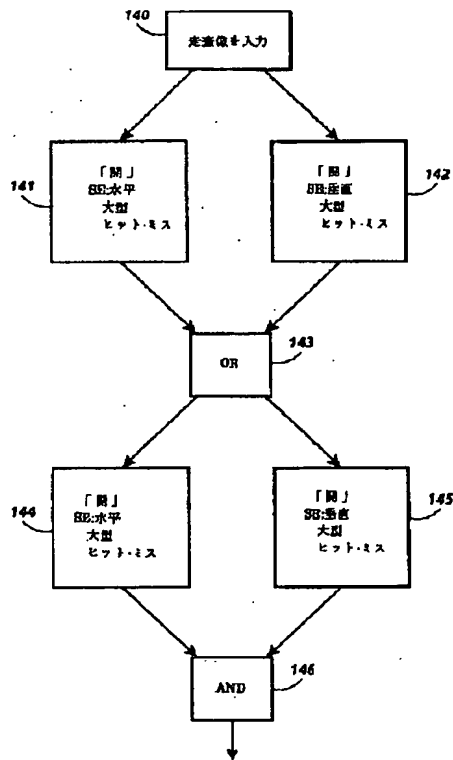
【図10】



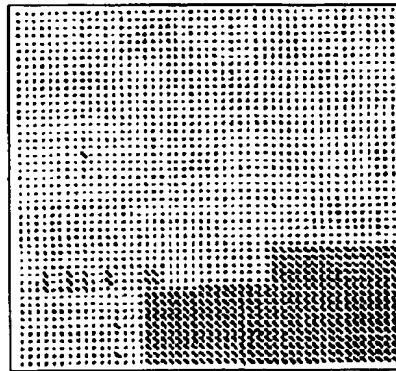
【図12】



【図11】



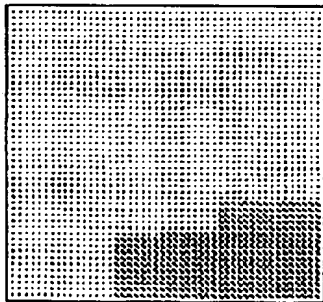
【図13】



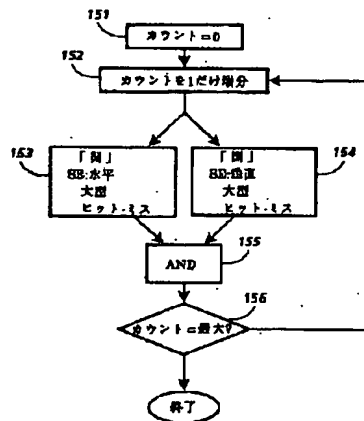
【図25】

$$\begin{array}{l}
 211 \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = 25 \quad (A) \\
 217 \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -2 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 3 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 3 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -2 \end{bmatrix} = 30 \quad (B)
 \end{array}$$

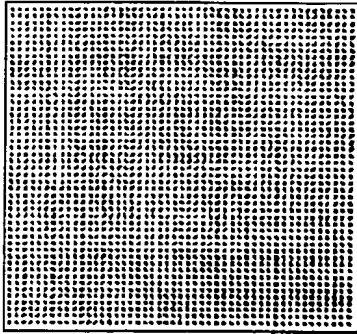
【図14】



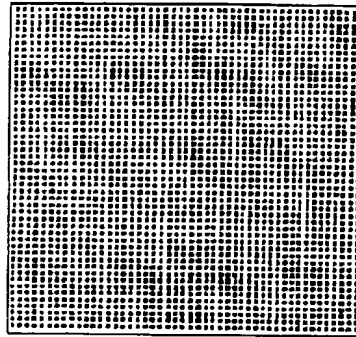
【図15】



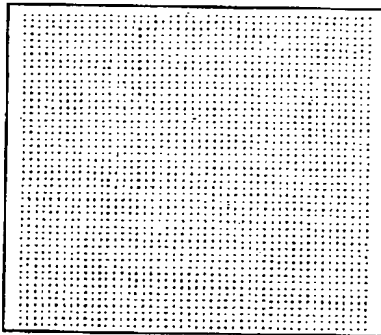
【図16】



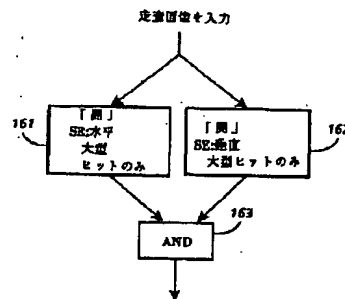
【図17】



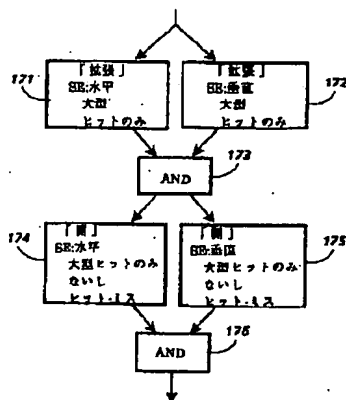
【図18】



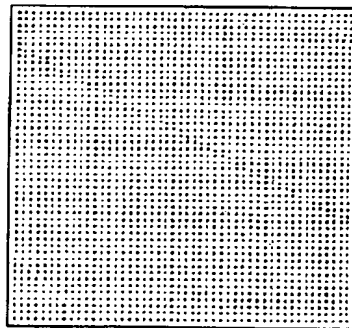
【図19】



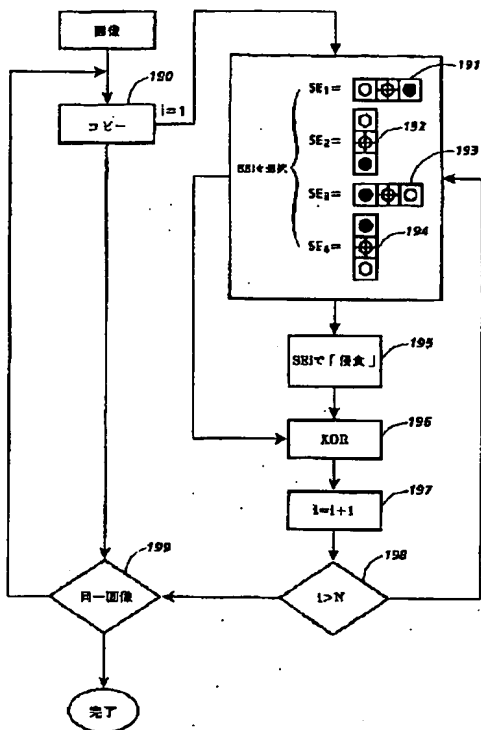
【図20】



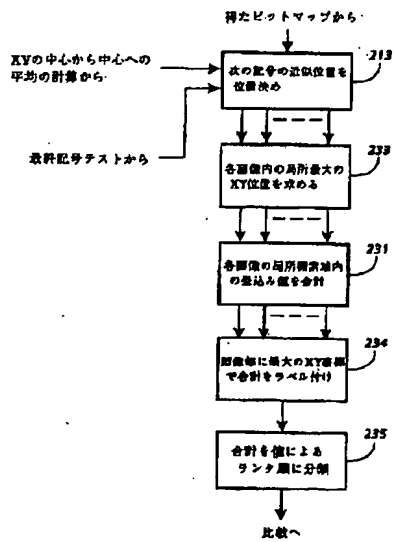
【図21】



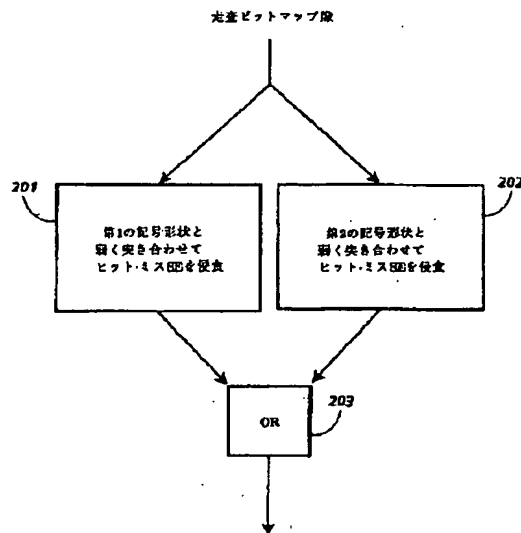
【図22】



【図26】



【図23】



【図24】

